

ガスタービン燃焼器の燃料供給法と性能向上に関する研究

著者	田丸 卓
号	751
発行年	1984
URL	http://hdl.handle.net/10097/11700

氏 名	た 田 まる 丸 たかし 卓
授 与 学 位	工 学 博 士
学位授与年月日	昭和 60 年 1 月 9 日
学位授与の根拠法規	学位規則第 5 条第 2 項
最 終 学 歴	昭和 48 年 8 月 ウィスコンシン大学大学院工学研究科機械工学専攻 修士課程修了
学 位 論 文 題 目	ガスタービン燃焼器の燃料供給法と性能向上に関する研究
論 文 審 査 委 員	東北大学教授 永井 伸樹 東北大学教授 戸部 俊美 東北大学教授 大塚 芳郎 東北大学教授 箱守京次郎

論 文 内 容 要 旨

ガスタービン機関は軽量，大出力等の特徴から航空用をはじめとする広い分野の原動機として用いられるようになっている。最近の資源的状況からさらに経済性を高めることが要求されている。そのサイクル効率を上げるために燃焼器は低圧から高压に至る条件で安定な作動を行い，かつ出口温度分布が良好でなければならない。

この目的に応ずるため本論文では燃焼器の特性に最も重要な影響を与える燃料供給法に重点をおいて実用形燃焼器の問題点解消と性能向上に関する実験的研究を行った。すなわち従来より用いられている「圧力噴霧形」と「蒸発管形」のガスタービン燃焼器について特性を調べそれらの欠点を解消し長所を生かした新形式 A S 形燃焼器を創案し実用燃焼器として優れた性能を具えることを実証した。

なお，これらの燃焼器の適用を対象としたガスタービンは，本研究の成果などをもとにわが国で初めて実用化に成功したターボファンエンジンである。

各燃焼器に関する研究結果と燃焼器の特性は以下のようなものである。

圧力噴霧形燃焼器 燃料供給に用いる燃料噴射弁うず室の設計は，棚沢・小林あるいはRadcliffe いずれの方法でも大差ない結果となる。ただし後者の場合には標準的なうず室形態について得られる。大容量うず室の場合はポテンシャル流の仮定でも実用的な近似値が得られる。うず室中

心にプライマリうず室など物体のある場合でもうず室出口オリフィスより流出する液膜を阻害しない限り吐出特性に大きな影響はない。

圧力噴射弁を用いた場合その吐出特性からガスタービン機関の低負荷作動条件で噴霧粒径の粗大化が避けられず著しい大気汚染成分の排出と出口温度分布の劣化をきたす。また環状燃焼器の場合保炎の目的で空気旋回器を用いるのが普通であるがこの円周上の不連続な配置が燃焼器出口円周方向温度分布を劣化させる最大の原因である。この燃焼器形式では出口温度分布不均一率を実用レベルに抑えるために多大の実験的改良努力が必要である。

蒸発管形燃焼器 それまで不明確であった蒸発管内燃料気化の状況を厚内のモデル蒸発管を使って準定常状態で調べた。その結果、蒸発管の温度が低い場合には燃料が壁面にそって流れ管内熱伝達率が最も高い。管壁温度が高くなるとドライアウト現象が起き突然大粒の燃料液滴が噴出する。管壁温度が高温時の熱伝達率は気流と同一レイノルズ数で燃料蒸気が流れた場合と同程度である。燃焼器へ安定した燃料混合気を供給するためには、管の温度を高く保ち気流速度を大きくした条件が適している。

一方燃焼器内の蒸発管温度は燃料が多いほど低下し易い。蒸発管まわりの燃焼ガス温度を高めるには新気導入法と保炎うずの形成法が重要である。蒸発管の存在は燃焼器一次燃焼領域の高負荷化にとって妨げになる。この領域が一旦高温になると管内の熱伝達率が小さいため蒸発管を焼損させる危険性が大きくなる。

新形式 A S 形燃焼器 デフューザ部と燃焼器内の全圧差による最大の気流速度を利用して燃料気流微粒化を行い、この流れが鈍頭部となす主軸まわりの環状の噴流うずによって保炎を行う新形式の燃焼器である。気流速度や空気温度の低い低負荷条件時には燃料液滴を壁面上に衝突、伸展させ急速蒸発をはかる。この特性を部分模型による燃焼試験および燃焼室内の流れ模様とガス組成分布の測定によって明らかにした。

試作した環状燃焼器 A S 260 の断面図を図 1 に示す。主燃料は⑩から供給し、空気ダクト⑧を通った空気によって気流微粒化する。これを試験した結果エンジンが要求する作動条件全般に

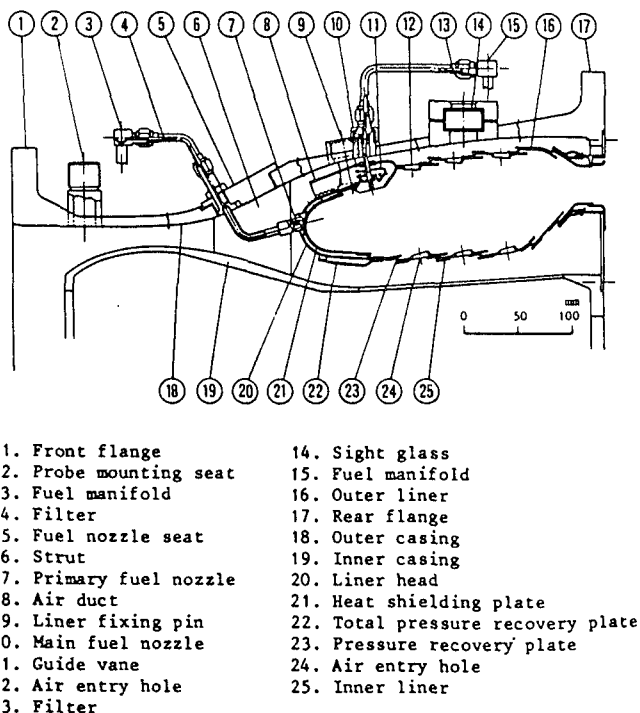


図 1 環状燃焼器 A S 260 の組立断面図

わたって良好な特性を示した。とくに出口温度分布は負荷変動に依存せず安定しており圧力噴霧形燃焼器の場合とくらべて大幅なタービン入口温度の向上に寄与することがわかった。出口温度不均一率 δ_t を従来形燃焼器 FJR 710/62 および/605 と比較して図 2 に示す。A S 形の場合にはいかなる ΔT 値のときでもほぼ $\delta_t < 0.2$ と実用的に十分低い値を示している。その場合タービン入口温度を高く設計できることからサイクル効率を高めるのに大きく寄与する。大気汚染物質排出の点でも排煙と未燃焼排出成分が著しく少ない。

以上のような燃焼器を設計する際に必要となる燃焼器負荷率の圧力依存性を筒形燃焼器による天然ガスの燃焼試験によ

って大気圧から 5 MPa に至る範囲で実験的に調べた。その結果、高圧では燃焼速度が低下するため大気圧条件より吹消えやすくなること、従来用いられてきた負荷率の限界値が圧力の 1.8 乗もしくは 2 乗に反比例する関係は高圧では成立せず、特に 2 MPa 以上の高圧になると負荷率の限界値が著しく低下すること、また燃料の噴射方向、すなわち燃料と空気の混合法が燃焼器の負荷率の限界値に大きな影響をもつことなどがわかった。これにより世界初の 5 MPa 圧力レベルを設計点とした実機ガスタービンの安定な燃焼を確保する資料を得ることができた。

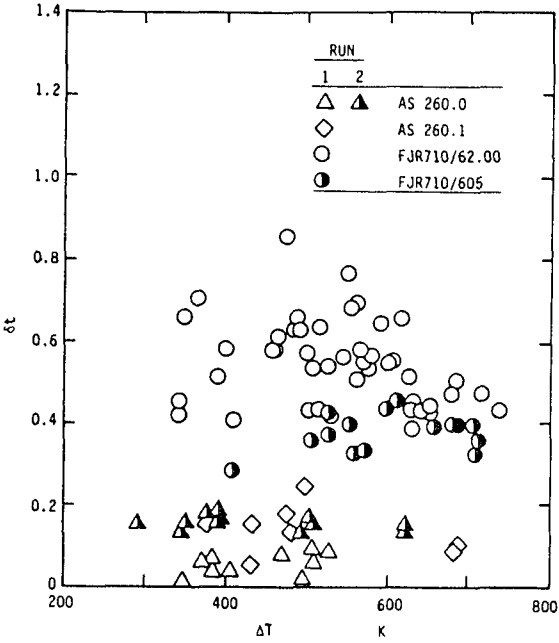


図 2 A S 形と圧力噴霧形 (F J R) 燃焼器の出口温度不均一率の比較

審 査 結 果 の 要 旨

ガスタービンエンジンは軽量で大出力などのすぐれた特性をもち、航空機用をはじめ広い分野の原動機として用いられているが、最近は経済性を高める必要から、熱効率の向上や燃料消費率の改善が望まれている。本論文は、広い圧力範囲における燃焼器の安定作動や燃焼室出口温度分布の均一化などが、熱効率向上の鍵であるとの見地から、燃料供給法に重点をおいて燃焼器の性能向上を図り、高水準の実用形ガスタービン燃焼器を開発した成果をまとめたもので、全編7章よりなる。

第1章は序論である。

第2章ではガスタービン燃焼器の開発技術の現状を通覧して、本研究の具体的な方針をまとめている。

第3章では、もっとも一般的に用いられている圧力噴霧形燃焼器について、各種圧力噴射弁の特性を比較し、これらの噴射弁をわが国で開発されたターボファンエンジンの環状燃焼器に使用して、燃焼器特性を調べている。単一噴孔式噴射弁では低負荷時の微粒化特性が劣化して粗大粒が生成しやすいこと、デュアル式では主燃料の切換え時に未燃成分の排出を招きやすいことを指摘し、両方式とも燃焼室出口温度分布を効果的に改善することが困難であることを明らかにするとともに、排煙低減に対してはスワラの旋回強化が有効な手段であるとしている。これらの結果は本形式燃焼器の性能面の限界を示唆する注目すべき知見である。

第4章では、ガスタービンの高圧化のために有利とみられる蒸発管形燃焼器について、燃焼器特性と蒸発管の機能との関連を述べている。すなわち、蒸発管内の熱伝達特性と燃料の蒸発に関する基礎研究によって、蒸発管の安定使用条件を求め、蒸発負荷と燃焼負荷の間の対立する相互関係のために、広い負荷範囲と高負荷作動条件とを両立させるには、蒸発管まわりの保炎と高温保持がとくに重要であるとしている。

第5章では、第3章、第4章の結果をふまえて創案、製作した新形式の気流微粒化形燃焼器について、その基本特性を調べている。燃焼室ライナへ流入する高速空気流によって良好に微粒化される燃料噴霧は、燃焼室内の複雑なガス流動によって空気と有効に乱流混合する結果、出口温度分布が改善されて、高負荷燃焼と熱効率の向上が期待できることを実証しているが、燃焼器の性能上評価される成果である。

第6章では、筒形燃焼器を用いた最高5 MPaの高圧燃焼試験を行って、燃焼室負荷率の圧力依存性を調べた結果、負荷率限界値は低圧ガスタービンの圧力依存性と傾向が異なることを明らかにしている。

第7章は結論である。

以上要するに本論文は、燃料供給法と実用形ガスタービン燃焼器の開発研究によって、燃焼器の設計と性能向上に資する多くの知見と基礎データを提供したものであり、内燃機関ならびに燃焼工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。